

УДК 519.6

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ В МИКРОКАНАЛАХ

Гузей Д.В.,

научный руководитель канд. физ.-мат. наук Минаков А.В.

Сибирский Федеральный университет

Было проведено моделирование стационарного газового снаряда в нисходящем потоке жидкости в трубе. С целью изучения влияния стационарного газового снаряда на гидродинамику нисходящего течения жидкости в трубе. В Новосибирском Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН О.Н. Кашинским было проведено исследование влияния стационарного газового снаряда на гидродинамику нисходящего течения жидкости в трубе. С помощью электродиффузионной методики измерено среднее и пульсационное напряжения трения на стенке под газовым снарядом и в жидкости за его кормовой частью [1]. Результаты этого исследования использовались для сопоставления с результатами расчетов.

Экспериментальная установка.

Экспериментальный стенд представлял собой замкнутый по жидкой фазе и разомкнутый по газу контур (Рис. 1). В рабочий участок подавалась жидкость из бака 1 при помощи центробежного насоса 2. Расход жидкости регулировался вентилями 3 и контролировался при помощи системы ротаметров 4. Далее жидкость поступала во входную секцию 5, откуда через конфузор попадала в рабочий участок – трубу внутренним диаметром 2 см. Верхняя секция рабочего участка 6, выполненная из нержавеющей стали, соединялась с блоком визуализации течения 7 – трубой из зашлифованного для оптической прозрачности органического стекла, длина которой составляла 55 см. Ниже по потоку находился измерительный блок 8 в виде прямоугольного параллелепипеда из органического стекла длиной 12.5 см, по оси которого было просверлено отверстие диаметром 2 см. Наружные поверхности параллелепипеда шлифовались для придания им оптической прозрачности. Газовый снаряд был хорошо виден через прозрачные поверхности визуализационного и измерительного блоков.

Измерения распределения напряжения трения на стенке проводились электрохимическим методом. В корпус измерительного блока были вклеены два электрохимических датчика трения, зашлифованные заподлицо со стенкой. Таким образом, измерения можно считать бесконтактными.

Одиночный газовый снаряд, помещенный в трубу, заполненную жидкостью, всплывает со скоростью, пропорциональной квадратному корню из диаметра трубы. Если снаряд находится в нисходящем потоке жидкости, скорость которой равна скорости всплытия, то возникает “режим зависания”, в котором жидкость обтекает неподвижный снаряд. В реальном эксперименте такой режим практически невозможно

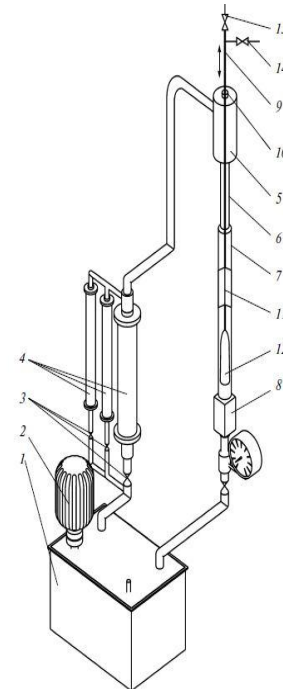


Рис 1. Экспериментальная установка

достичь из-за неустойчивого характера движения снаряда. Ввиду этого, в данной работе точка, в которой начинается снаряд, была фиксирована местом ввода газа. Эксперимент проводился при расходной скорости жидкости 16 см/с.

Для образования снаряда воздух подавался в вертикальную трубку из нержавеющей стали 9 (Рис. 1) внешний диаметр которой равнялся 0.3 см. Нижняя часть трубки располагалась в потоке жидкости по оси основной трубы, а верхняя выходила наружу установки. Герметизация осуществлялась при помощи штуцера 10, который позволял вертикальное перемещение трубки. Для того, чтобы трубка находилась на оси трубы, применялось специальное центрирующее устройство 11, состоящее из трех квадратных скоб, припаянных к трубке и расположенных относительно друг друга под углом 120°. Внешние грани скоб упирались в стенку трубы. К нижнему концу трубки была припаяна нержавеющая трубка внешним диаметром 0.15 см, к которой крепилась фторопластовая насадка с отверстием для выхода газа, расположенным на нижнем торце, имеющая коническую форму. При подаче газа в трубку происходило образование газового пузыря под поверхностью насадки. В определенном диапазоне скоростей опускного течения жидкости в рабочем участке происходило образование стационарного газового снаряда (пузыря Тейлора) 12, носик которого располагался в точке ввода газа на нижнем торце насадки. Краны 13 и 14 позволяли изменять размер снаряда, добавляя воздух из системы подачи газа или выпуская воздух в атмосферу.

Рабочая жидкость представляла собой ферро-феррицианидный электрохимический раствор. Температура рабочей жидкости поддерживалась постоянной с помощью автоматической системы термостабилизации в пределах $25 \pm 0.2^\circ \text{C}$. Физические параметры жидкости при измерениях эквивалентны таковым для воды.

Результаты расчетов

На Рис. 2 приведено качественное сравнение результатов расчета с использованием VOF-метода на 2D модели с фотографиями снарядов различной длины.

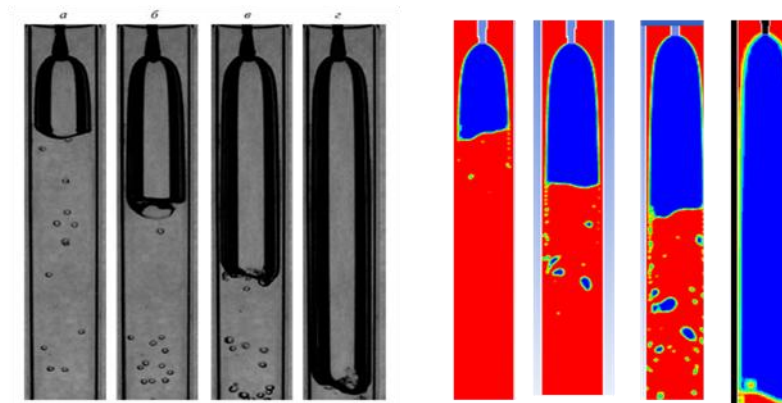


Рис 2. Сравнение результатов расчета с экспериментом

В дальнейшем расчеты проводились на 2D модели в осесимметричной постановке. Сравнение результатов расчетов с экспериментом приведено на Рис. 3. В области носика снаряда происходит резкое увеличение напряжения трения. Оно вызвано тем, что снаряд перекрывает часть сечения трубы, уменьшая площадь сечения, занимаемую жидкостью, что приводит к её ускорению. Трение под снарядом определяется не длиной пузыря, а расстоянием от его носика. За снарядом устанавливается сложная структура течения, с чередованием областей с высоким напряжением трения и областей с малыми значениями данной величины.

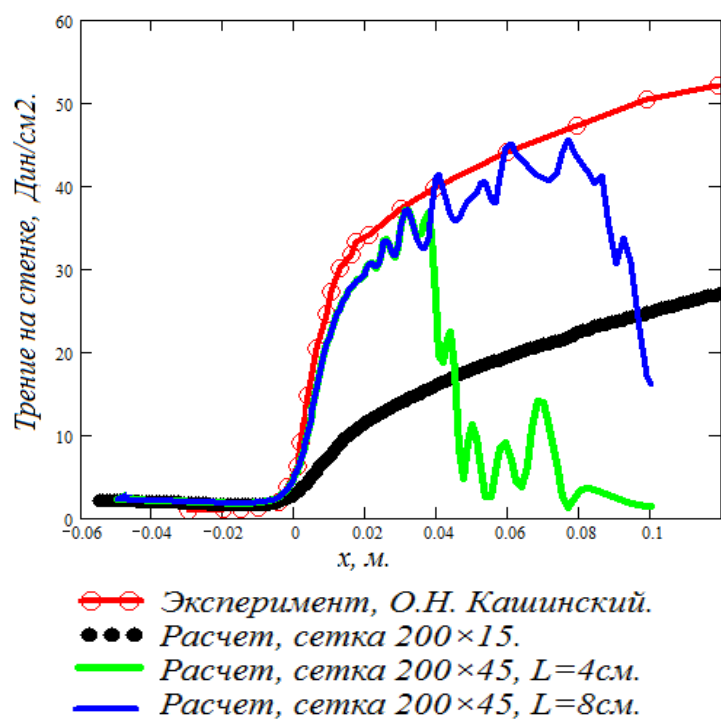


Рис 3. Трение на стенке по длине канала

Список литературы:

1. О. Н. Кашинский, А. С. Курдюмов, П. Д. Лобанов Возмущение нисходящего потока жидкости стационарным газовым снарядом// Механика жидкости и газа №4, 2010 г. Новосибирск Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН.